

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



EP04/07904

REC'D 10 AUG 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

103 36 676.8

**Anmeldetag:**

9. August 2003

**Anmelder/Inhaber:**

Outokumpu Oyj, Espoo/FI

**Bezeichnung:**Verfahren und Anlage zur Reduktion  
von eisenoxidhaltigen Feststoffen**IPC:**

C 21 B, C 22 B

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 21. Juni 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Hintermeier

## Verfahren und Anlage zur Reduktion von eisenoxidhaltigen Feststoffen

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Reduktion von eisenoxidhaltigen Feststoffen, insbesondere Eisenerz, bei dem feinkörnige Feststoffe in einer Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe erwärmt und zumindest teilweise kalziniert werden, in einem der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe nachgeschalteten ersten Reaktor mit Wirbelschicht vorreduziert und in einem  
10 zweiten Reaktor mit Wirbelschicht reduziert und in einer dem zweiten Reaktor nachgeschalteten Brikettierungsstufe bei einer Temperatur von über 500 °C brikettiert werden.

Aus der DE 44 10 093 C1 ist ein derartiges Verfahren zur Direktreduktion von  
15 Eisenerzen zu Eisenschwamm (DRI) bekannt, bei welchem in einem ersten Reaktor mit zirkulierender Wirbelschicht eine Vorreduktion bei Temperaturen zwischen 550 und 650 °C erfolgt. In einem nachgeschalteten zweiten Reaktor mit klassischer Wirbelschicht, in welchem als Reduktionsmittel erwärmtes, wasserstoffhaltiges Gas zur Fluidisierung eingebracht wird, werden die Feststoffe weiter reduziert, so dass das Produkt bspw. einen Metallisierungsgrad von über 90 % aufweist.

Beim Transport von Eisenschwamm (DRI) ist es aus Sicherheitsgründen, bspw. wegen der Brandgefahr, und wegen der besseren Handhabung (Staubentwicklung) üblich, dass das Eisen brikettiert wird. Diese Brikettierung erfolgt im Anschluss an die Reduktion des Eisens, wobei der noch heiße Eisenschwamm während der Zufuhr zu der Brikettierungsanlage meist abkühlt. Zur Steigerung der Festigkeit der Briketts ist es aber wünschenswert, dass die Brikettierung bei  
25 möglichst hohen Temperaturen von bspw. etwa 700 °C stattfindet. Bei dieser  
30 Temperatur weist der feinkörnige Eisenschwamm jedoch ein sehr schlechtes

Fließverhalten auf, wodurch die Brikettierung erschwert wird. Um das Fließverhalten von Eisenschwamm zu verbessern und eine gute Verarbeitbarkeit zu gewährleisten, wird dem Eisenschwamm vor der Brikettierung etwa 0,5 Gew.-% Magnesiumoxid (MgO) durch eine der Brikettierungsanlage vorgeschaltete Druckschleuse zugegeben. Magnesiumoxid hat keinen messbaren negativen Einfluss auf die Festigkeit oder Stabilität der Eisenschwammbricketts, es ist jedoch wegen aufwändiger Aufbereitungsschritte teuer, so dass auch die Herstellungskosten für Eisenschwammbricketts steigen. Zudem ist Magnesiumoxid hygroskopisch und sehr feinkörnig, üblicherweise mit einer Korngröße unter 100 µm, so dass es schwer zu lagern und zu verwenden ist.

Ein Verfahren zur Herstellung von Eisenschwamm aus oxidischen Eisenerzen ist auch aus der DE-OS 1 458 756 bekannt, bei welchem die Reduktion bei möglichst hohen Temperaturen erfolgen soll. Zur Vermeidung eines bei derart hohen Temperaturen während der Reduktion auftretenden, als "boggling" oder "fouling" bekannten Effektes, bei welchem sich die Feststoffe zu Agglomeraten verkleben oder verschweißen, so dass die Wirbelschicht in dem Reduktionsreaktor absackt, wird die Zugabe von etwa 0,05 Gew.-% sehr fein gemahlener Oxide oder Karbonate des Magnesiums vorgeschlagen. Diese Zusatzstoffe sollen möglichst feinkörnig sein und vorzugsweise eine Korngröße von deutlich weniger als 297 µm, insbesondere weniger als 44 µm aufweisen. Hierdurch treten jedoch ebenfalls die oben beschriebenen Probleme bei der Lagerung bzw. Verwendung der Zusatzstoffe auf. Zudem ist es bei diesem Verfahren erforderlich, die Zusatzstoffe z.B. über eine Druckschleuse vor der Reduktionsstufe dem Eisenerz zuzugeben. Dadurch steigen die Investitionskosten für eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens. Durch die geringeren Temperaturen in der Reduktionsstufe wird bei diesem bekannten Verfahren eine vergleichsweise schlechte Kalzinierung erreicht, wenn die Zugabe von Karbonaten des Magnesiums in die Reduktionsstufe erfolgt. Dies kann nur durch längere Verweilzeiten ausgeglichen werden, die jedoch ebenfalls unerwünscht sind. Diese

Probleme treten dagegen nicht auf, wenn der Reduktionsstufe statt Karbonaten des Magnesiums Magnesiumoxid zugegeben wird. Allerdings ist dies mit den oben genannten Nachteilen der hohen Kosten und der schlechten Handhabbarkeit des Magnesiumoxid verbunden.

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Anlage zur Reduktion von eisenoxidhaltigen Feststoffen zur Verfügung zu stellen, welches sich durch ein verbessertes Fließverhalten des Produktes und einen geringeren Energieverbrauch auszeichnet.

10

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe gemeinsam mit den eisenoxidhaltigen Feststoffen Magnesit ( $\text{MgCO}_3$ ) zugegeben wird, welches in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe zumindest teilweise zu Magnesiumoxid kalziniert wird. Magnesit ist im Vergleich zu Magnesiumoxid deutlich preisgünstiger verfügbar, so dass die Kosten für die Herstellung von Briketts aus Eisenschwamm gesenkt werden können. Da das Magnesit zumindest teilweise zu Magnesiumoxid kalziniert wird, wird die Fließfähigkeit des Eisenschwamms vor der Brikettierung verbessert. Die Brikettierung kann daher auch bei hohen Temperaturen stattfinden, bei denen üblicherweise das Fließverhalten des Eisenschwamms verschlechtert ist. Durch diese Heissbrikettierung wird gegenüber einer Kaltbrikettierung bei geringeren Temperaturen die Festigkeit der Briketts erhöht.

15

25

Da das Magnesit gemeinsam mit den eisenoxidhaltigen Feststoffen in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe erwärmt wird, muss die Wärmezufuhr in die beiden Reaktoren zur Reduktion der eisenoxidhaltigen Feststoffe nicht über eine starke Aufheizung des Reduktionsmittels, bspw. Wasserstoff, sichergestellt werden. Die Energieeffizienz des endothermen Reduktionsverfahrens kann folglich dadurch gesteigert werden, dass die eisenoxidhaltigen Feststoffe und

30

das Magnesit bereits in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe auf die zur Reduktion erforderliche Temperatur erwärmt werden.

5 Durch die gemeinsame Zufuhr der eisenoxidhaltigen Feststoffe und des Magnesits in die Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe ist es nicht erforderlich, zusätzliches Magnesiumoxid vor einer den Reaktoren vorgeschalteten Druckschleuse den Feststoffen zuzugeben. Auf diese Weise entfallen auch die Investitionskosten für die bisher übliche gesonderte Zufuhr von Magnesiumoxid. Häufig sind in dem Magnesit Verunreinigungen, wie Eisenoxid und/oder Kalkstein, vorhanden,  
10 die die weiteren Verarbeitungsprozesse nicht stören, sondern für die Weiterverarbeitung des Eisens teilweise sogar erwünscht sind.

Die Energieeffizienz des erfindungsgemäßen Verfahrens kann dadurch weiter gesteigert werden, dass das Magnesit gemeinsam mit den eisenoxidhaltigen  
15 Feststoffen in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe bei Temperaturen von 400 bis 1250 °C, insbesondere bei 540 bis 1000 °C kalziniert wird. Erfindungsgemäß kann der Temperaturbereich bei der Kalzinierung auch zwischen 1000 und etwa 1250 °C liegen. Durch die im Vergleich zu den bekannten Verfahren besonders hohen Temperaturen in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe muss die Wärmezufuhr für die endotherme Reduktion von Eisenoxid mit Wasserstoff nicht über eine starke Aufheizung des üblicherweise als Reduktionsmittel eingesetzten Wasserstoffes erfolgen.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weisen mehr als 50 %, vorzugsweise etwa 90 %, des gemeinsam mit den eisenoxidhaltigen Feststoffen der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe zugegebenen Magnesits eine Korngröße zwischen 300 µm und 3 mm, insbesondere zwischen 400 µm und 1 mm auf. Für das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich auch Magnesit mit einer Korngröße zwischen 1,25 und 3 mm. Die Lagerung und die Handhabbarkeit des Magnesits wird dadurch verbessert, ohne dass die Fließfähigkeit des Eisenschwamms  
25  
30

verschlechtert wird. Während des Verfahrensablaufes wird das relativ grobkörnige Magnesit bzw. das Magnesiumoxid in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe bzw. in den dieser nachgeschalteten Reaktoren zermahlen. Dadurch wird die Einsatzzeichnung des Magnesiumoxids in der Brikettierung erhöht, ohne die Handhabbarkeit der Zusatzstoffe zu verschlechtern.

Ein verbessertes Fließverhalten und eine gute Verarbeitbarkeit von Eisenschwamm, insbesondere in der Brikettierungsstufe, wird erfindungsgemäß erreicht, wenn den eisenoxidhaltigen Feststoffen vor und/oder während der Zufuhr in die Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe zwischen 0,1 und 5 Gew.-%, insbesondere etwa 0,5 Gew.-%, Magnesit zugegeben wird. Die aus dem zweiten Reaktor der Brikettierungsstufe zugeführten Feststoffe enthalten dabei bspw. zwischen 0,1 und 5 Gew.-%, insbesondere etwa 0,5 Gew.-%, Magnesiumoxid, welches durch die Kalzinierung des Magnesits in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe entstanden ist. Um die Verarbeitbarkeit der in dem zweiten Reaktor reduzierten Feststoffe in der Brikettierungsstufe weiter zu verbessern, können diesen gemeinsam mit dem Magnesiumoxid in einer der Brikettierungsstufe vorgeschalteten Wärmestufe auf eine Temperatur von über 600 °C, insbesondere etwa 700 °C, erwärmt und heiß in die Brikettierungsstufe eingebracht werden. Die für die Umformung in der Brikettierungsstufe erforderliche Energie kann dadurch weiter gesenkt werden.

Um die Bildung von Agglomeraten in den Reaktoren während der Reduktion weitgehend zu unterbinden, werden die eisenoxidhaltigen Feststoffe in dem ersten und zweiten Reaktor vorzugsweise bei Temperaturen unter 700 °C, insbesondere bei etwa 630 °C, reduziert. Bei diesen Temperaturen tritt der aus dem Stand der Technik bekannte "boggling" - Effekt nicht auf. Das der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe zugeführte Magnesit wird folglich nicht bereits in der Reduktionsstufe zur Bildung von Magnesiumoxid benötigt, sondern stellt die Fließfähigkeit des Eisenschwamms während der Zufuhr zu einer Brikettierungs-

anlage sicher. Der Fluidisierungsgrad der eisenoxidhaltigen Feststoffe in dem ersten und zweiten Reaktor ist folglich während der Reduktion besonders hoch, so dass ein guter Wärmeaustausch und eine gute Reaktion mit dem Reduktionsmittel stattfinden kann. Die eisenoxidhaltigen Feststoffe werden dabei in dem ersten und dem zweiten Reaktor zu metallischem Eisen mit einem Metallisierungsgrad von über 75 %, insbesondere von über 90 % reduziert.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird weiter mit einer Anlage zur Reduktion von eisenoxidhaltigen Feststoffen mit einer Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe, einem ersten und einem zweiten, jeweils als Wirbelschichtreaktor ausgebildeten Reaktor und einer Brikettierungsstufe dadurch gelöst, dass die Vorwärmstufe Mittel zum gleichzeitigen kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Einbringen von eisenoxidhaltigen Feststoffen und Magnesit aufweist, und dass der Brikettierungsstufe eine Wärmerstufe vorgeschaltet ist. Durch das gemeinsame Einbringen von eisenoxidhaltigen Feststoffen und Magnesit werden diese in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe erwärmt, so dass die für die nachfolgende endotherme Reduktion des Eisenoxids erforderliche Wärme nicht über eine starke Aufheizung des Reduktionsmittels sichergestellt werden muss. Die der Brikettierungsstufe vorgeschaltete Wärmerstufe ermöglicht es zudem, dass der aus den Reduktionsreaktoren entnommene Eisenschwamm gemeinsam mit aus dem Magnesit gewonnenen Magnesiumoxid auf eine für die Brikettierung optimale Temperatur von bspw. etwa 700 °C erwärmt werden kann. Die Reduktion kann dabei bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen erfolgen, so dass die Neigung des Eisenoxids zur Bildung von Agglomeraten weitgehend unterbunden wird.

Die beiden hintereinander geschalteten Reaktoren, in welchen die Reduktion stattfindet, können bspw. Wirbelschichtreaktoren mit einer stationären Wirbelschicht sein. Um verbesserte Wärme- und Stoffaustauschbedingungen während der Reduktion zu ermöglichen, wird es jedoch bevorzugt, wenn wenigstens eine

der beiden Reaktoren ein Wirbelschichtreaktor mit einer zirkulierenden Wirbelschicht oder einer Ringwirbelschicht ist.

5 Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weisen der erste und/oder der zweite Reaktor mehrere Düsen oder Einlassöffnungen zur Zufuhr eines erwärmten, gasförmigen Reduktionsmittels, wie Wasserstoff, auf. Das Reduktionsmittel kann dabei gleichzeitig zur Fluidisierung der in den Reaktoren reduzierten Feststoffe eingesetzt werden.

10 Die Energieeffizienz der erfindungsgemäßen Anlage kann dadurch verbessert werden, dass die Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe einen ersten Vorwärmer, bspw. einen Venturi - Vorwärmer, mit einem nachgeschalteten ersten Zyklon und einen zweiten Vorwärmer (Kalzinierstufe) mit einem nachgeschalteten  
15 zweiten Zyklon aufweist, wobei der erste und/oder der zweite Zyklon zum Rückführen von aus Abgas abgetrenntem Staub über eine Leitung mit dem ersten Venturi - Vorwärmer verbunden sind. Der in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe aufgeheizte Staub wird somit zum Vorwärmen der eisenoxidhaltigen Feststoffe und des Magnesits genutzt.

20 Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels und der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren  
25 Rückbeziehung.

Die einzige Figur zeigt ein Prozessdiagramm eines Verfahrens und einer Anlage gemäß eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung. Bei dem in der Figur dargestellten Verfahren zur Reduktion von eisenoxidhaltigen Feststoffen  
30 wird über eine Zufuhrleitung 1 bspw. feuchtes Eisenerz gemeinsam mit Magne-



sit ( $\text{MgCO}_3$ ) in einen Venturi - Vorwärmer 2 eingebracht. In diesem werden die eisenoxidhaltigen Feststoffe und das Magnesit getrocknet und erwärmt. Über eine Leitung 3 werden die eisenoxidhaltigen Feststoffe zusammen mit dem Magnesit in einen Zyklon 4 geleitet, in welchem die staubbeladenen Abgase von Feststoffen getrennt werden.

Über eine Leitung 5 werden die staubbeladenen Abgase einem Filter 6, bspw. einem Elektrofilter, zugeleitet, aus welchem der Staub über eine Leitung 7 in die Vorwärmung zurückgeführt wird.

Die in dem Zyklon 4 von dem Abgas abgeschiedenen Feststoffe werden über eine Leitung 8 einer Kalzinierstufe 9 bzw. einem zweiten Vorwärmer (Preheater) zugeführt, dem ein Brenner 9a zugeordnet ist, mit welchem dem Prozess einen Hauptteil der Energie zugeführt wird. In der Kalzinierstufe 9 werden die Feststoffe und das Magnesit auf eine Temperatur von bspw. etwa 850 °C vorgewärmt. Durch diese hohe Temperatur in der Kalzinierstufe 9 wird das Magnesit zu Magnesiumoxid kalziniert, welches gemeinsam mit den eisenoxidhaltigen Feststoffen über eine Leitung 10 einem zweiten Zyklon 11 zugeführt wird. In diesem werden die Feststoffe von staubbeladenem Abgas getrennt, welches über eine Leitung 12 dem ersten Venturi - Vorwärmer 2 zugeleitet wird. Die eisenoxidhaltigen Feststoffe und das Magnesit werden folglich in dem Venturi - Vorwärmer 2 durch die Abgase des zweiten Zyklons 11 erwärmt und getrocknet.

Die in dem zweiten Zyklon 11 abgetrennten Feststoffe werden über eine Leitung 13 mit Druckschleuse einem ersten Reaktor 14 zugeführt, welcher bspw. eine zirkulierende Wirbelschicht aufweist. Durch Zufuhr von Wasserstoff wird das erwärmte eisenoxidhaltige Erz in dem ersten Reaktor 14 vorreduziert und über eine Leitung 15 in einen zweiten Reaktor 16 eingebracht, welcher ein stationärer Wirbelschichtreaktor sein kann. Auch in dem zweiten Reaktor 16 wird erwärmter

Wasserstoff als Reduktionsmittel eingebracht, so dass das Eisenoxid in dem zweiten Reaktor 16 reduziert wird.

5 Aus dem zweiten Reaktor 16 wird Eisenschwamm mit einem hohen Metallisierungsgrad zusammen mit Magnesiumoxid entnommen und über eine Leitung 17 in eine Wärmestufe 18 eingebracht, in welcher die Feststoffe auf eine Temperatur von etwa 700 °C erwärmt und über eine Leitung 19 heiß in eine Brikettierungsstufe 20 eingebracht werden.

10 Den Reaktoren 14 und 16 können dabei Rückführzyklone nachgeschaltet sein, in welchen staubförmige Feststoffe von den aus den Reaktoren austretenden Gasen getrennt werden. In einer Abgasbehandlungsstufe 21 können diese Abgase gereinigt und in einem Aufheizler 22 erwärmt werden, bevor sie in die Reaktoren 14, 16 zurückgeführt werden.

### 15 **Beispiel (Reduktion von Eisenerz)**

20 In einer der Figur entsprechenden Anlage wurden dem Venturi - Vorwärmer 2 über die Leitung 1 61,2 t/h feuchtes Eisenerz mit 7,8 % Feuchte und 300 kg/h Magnesit mit einer Korngröße von weniger als 1 mm zugeführt. Das Eisenerz wurde zusammen mit dem Magnesit in dem Venturi - Vorwärmer 2 getrocknet und erwärmt und über den Zyklon 4 in die Kalzinierstufe 9 eingebracht, in welcher das Eisenerz und das Magnesit auf eine Temperatur von 850 °C erhitzt wurden.

25 Aus den in dem Zyklon 4 abgeschiedenen staubbeladenen Abgasen wurden in dem Filter 6 2,6 t/h Staub abgetrennt, in welchem 25 kg/h Magnesiumoxid enthalten waren. Dieser Staub wurde über die Leitung 7 in die Vorwärmung zurückgeführt.

30

54,2 t/h des in dem Vorwärmer 9 auf 850 °C erwärmten Eisenerzes wurden mit 150 kg/h zu Magnesiumoxid kalzinierten Magnesits über die Leitung 13 mit Druckschleuse in den Reaktor 14 und dem diesem nachgeschalteten Reaktor 16 eingebracht. Durch die Reduktion in den Reaktoren 14 und 16 bei einer Temperatur von etwa 630 °C entstanden 37 t/h Produkt mit einem Metallisierungsgrad von 91 %. Über die Leitung 17 wurde das Produkt, welches etwa 34 t/h metallisches Eisen und 150 kg/h Magnesiumoxid enthielt, in die weitere Wärmstufe 18 gebracht. In dieser wurden das metallische Eisen und das Magnesiumoxid auf 700 °C erwärmt und über die Leitung 19 heiß in die Brikettierungsstufe 20 eingebracht.

**Bezugszeichenliste:**

5	1	Leitung
	2	(erster) Venturi - Vorwärmer
	3	Leitung
	4	(erster) Zyklon
	5	Leitung
10	6	Filter
	7	Leitung
	8	Leitung
	9	Kalzinierstufe (zweiter Vorwärmer)
	9a	Brenner
15	10	Leitung
	11	(zweiter) Zyklon
	12	Leitung
	13	Leitung mit Druckschleuse
	14	(erster) Reaktor
20	15	Leitung
	16	(zweiter) Reaktor
	17	Leitung
	18	Wärmestufe
	19	Leitung
25	20	Brikettierungsstufe
	21	Abgasbehandlungsstufe
	22	Aufheizer

**Ansprüche:**

- 5 1. Verfahren zur Reduktion von eisenoxidhaltigen Feststoffen, insbesondere Eisenerz, bei dem feinkörnige Feststoffe in einer Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe (2, 9) erwärmt und zumindest teilweise kalziniert werden, in einem der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe (2, 9) nachgeschalteten ersten Reaktor (14) mit Wirbelschicht vorreduziert und in einem zweiten Reaktor (16) mit Wirbelschicht reduziert und in einer dem zweiten Reaktor (16) nachgeschalteten Brikkettierungsstufe (20) bei einer Temperatur von über 500 °C brikkettiert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe (2, 9) gemeinsam mit den eisenoxidhaltigen Feststoffen Magnesit zugegeben wird, welches in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe (2, 9) zumindest teilweise zu  
10  
15 Magnesiumoxid kalziniert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Magnesit gemeinsam mit den eisenoxidhaltigen Feststoffen in der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe (2, 9) bei Temperaturen von 400 bis 1250 °C, insbesondere bei 540 bis 1000 °C, kalziniert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehr als 50 %, insbesondere etwa 90 %, des gemeinsam mit den eisenoxidhaltigen Feststoffen der Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe (2, 9) zugegebenen Magnesits eine Korngröße zwischen 300 µm und 3 mm, insbesondere zwischen 400 µm und 1 mm, aufweist.  
25
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass den eisenoxidhaltigen Feststoffen vor und/oder während

der Zufuhr in die Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe (2, 9) zwischen 0,1 und 5 Gew.-%, insbesondere etwa 0,5 Gew.-%, Magnesit zugegeben werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die aus dem zweiten Reaktor (16) der Brikettierungsstufe (20) zugeführten Feststoffe zwischen 0,1 und 5 Gew.-%, insbesondere etwa 0,5 Gew.-%, Magnesiumoxid enthalten.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in dem zweiten Reaktor (16) reduzierten Feststoffe gemeinsam mit dem Magnesiumoxid in einer der Brikettierungsstufe (20) vorgeschalteten Wärmestufe (18) auf eine Temperatur von über 600 °C, insbesondere etwa 700 °C, erwärmt und heiß in die Brikettierungsstufe (20) eingebracht werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die eisenoxidhaltigen Feststoffe in dem ersten und zweiten Reaktor (14, 16) bei Temperaturen unter 700 °C, insbesondere bei etwa 630 °C, zu metallischem Eisen mit einem Metallisierungsgrad von über 75 %, insbesondere von über 90 %, reduziert werden.

8. Verwendung von Magnesit als ein Zuschlagstoff, welcher bei einem Verfahren zur Herstellung von Eisenschwammbriketts, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gemeinsam mit eisenoxidhaltigen Feststoffen aufgegeben wird, um die Fließfähigkeit von heißem Eisenschwamm während der Zufuhr aus einer Reduktionsstufe in eine Brikettierungsstufe zu steigern.

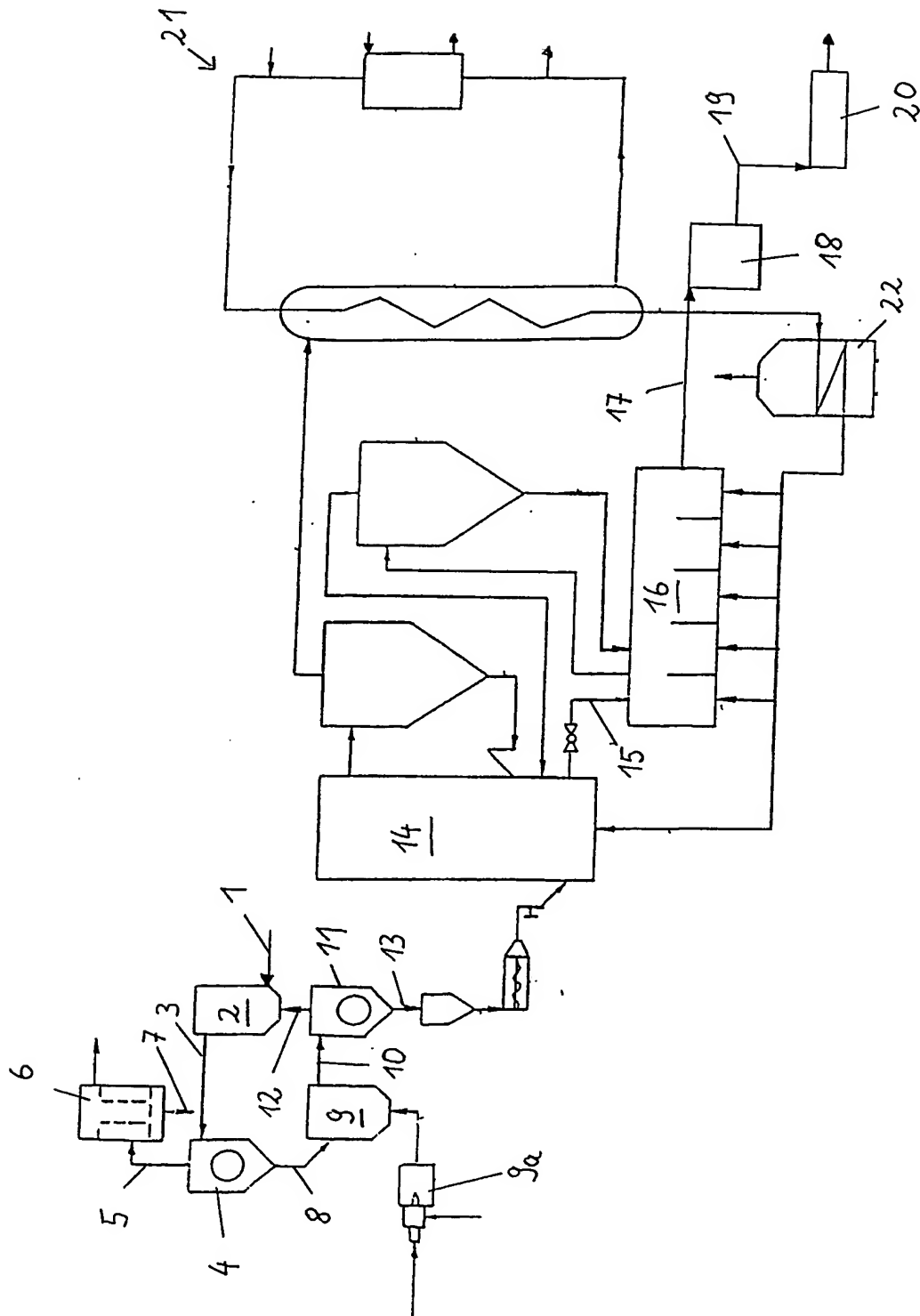
9. Anlage zur Reduktion von eisenoxidhaltigen Feststoffen, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit einer Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe (2, 9), einem ersten und einem zweiten je-

weils als Wirbelschichtreaktor ausgebildeten Reaktor (14, 16) und einer Brikettierungsstufe (20), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe (2, 9) Mittel (1) zum gleichzeitigen kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Einbringen von eisenoxidhaltigen Feststoffen und Magnesit aufweist, und dass der Brikettierungsstufe (20) eine Wärmestufe (18) vorgeschaltet ist.

10. Anlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens einer der beiden Reaktoren (14, 16) ein Wirbelschichtreaktor mit einer zirkulierenden Wirbelschicht und/oder einer Ringwirbelschicht ist.

11. Anlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste und der zweite Reaktor (14, 16) mehrere Düsen oder Einlassöffnungen zur Zufuhr eines erwärmten, gasförmigen Reduktionsmittels, wie Wasserstoff, aufweisen.

12. Anlage nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorwärm- und/oder Kalzinierstufe (2, 9) einen ersten Venturi - Vorwärmer (2) mit einem nachgeschalteten ersten Zyklon (4) und einen zweiten Vorwärmer (9) mit einem nachgeschalteten zweiten Zyklon (11) aufweist, wobei der erste und/oder der zweite Zyklon (4, 11) zum Rückführen von aus Abgas abgetrenntem Staub über eine Leitung (5, 7) mit dem ersten Venturi - Vorwärmer (2) verbunden sind.





Outokumpu Oyj  
Riihitontuntie 7

02200 Espoo  
Finnland

Zusammenfassung:

### **Verfahren und Anlage zur Reduktion von eisenoxidhaltigen Feststoffen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion von Eisenoxid enthaltenden Feststoffen, bspw. Eisenerz, bei dem feinkörnige Feststoffe in einer Vorwärmstufe (2, 9) erwärmt und zumindest teilweise kalziniert werden. In einem der Vorwärmstufe (2, 9) nachgeschalteten ersten Reaktor (14) mit Wirbelschicht werden die Feststoffe vorreduziert und in einem zweiten Reaktor (16) mit Wirbelschicht weiter reduziert. Dem zweiten Reaktor (16) ist eine Brikettierungsstufe (20) nachgeschaltet, in welcher die Feststoffe bei einer Temperatur von über 500 °C brikettiert werden. Um die Energieeffizienz des Verfahrens zu steigern und die Fließfähigkeit der Feststoffe in der Brikettierungsstufe (20) zu verbessern, wird der Vorwärmstufe (2, 9) gemeinsam mit den eisenoxidhaltigen Feststoffen Magnesit zugegeben, welches in der Vorwärmstufe (2, 9) zumindest teilweise zu Magnesiumoxid kalziniert wird. Weiter betrifft die Erfindung eine entsprechende Anlage.